

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-157791
(43)Date of publication of application : 17.06.1997

(51)Int.Cl.

C22C 38/00
C22C 38/60

(21)Application number : 07-347034

(71)Applicant : DAIDO STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 05.12.1995

(72)Inventor : HANIYUDA TOMONORI
NAKAMURA SADAYUKI

(54) FREE CUTTING STEEL EXCELLENT IN HOT WORKABILITY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce a free cutting steel excellent in hot workability and machinability.
SOLUTION: This low carbon sulfur-lead incorporated free cutting steel excellent in high temp. ductility is the one contg., as alloy elements, by weight, 0.02 to 0.15% C, 0.6 to 1.5% Mn, 0.10 to 0.40% S, 0.10 to 0.40% Pb, 0.010 to 0.020% O and 0.007 to 0.020% N and furthermore contg., at need, one or ≥two kinds selected from 0.005 to 0.15% Te, 0.02 to 0.30% Se, 0.03 to 0.20% Bi and 0.0030 to 0.0200% Sn, and in which the content of P is limited to ≤0.050%, Ti+Zr+Nb to ≤0.020%, Si to ≤0.005% and Al to ≤0.0010%, and the balance substantial Fe, and in which the average area of sulfide inclusions in the surface layer part in the cross section vertical to the rolling direction of the steel is regulated to 5 to 20μm².

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-157791

(43) 公開日 平成9年(1997)6月17日

| | | | | |
|---------------------------|-------|--------|------------------------|---------|
| (51) Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| C 2 2 C 38/00 38/60 | 3 0 1 | | C 2 2 C 38/00 38/60 | 3 0 1 M |

審査請求 未請求 請求項の数 2 書面 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-347034

(22) 出願日 平成7年(1995)12月5日

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 羽生田 智紀

愛知県名古屋市中区滝ノ水四丁目503番地

(72) 発明者 中村 貞行

三重県三重郡朝日町大字柿3094番地

(54) 【発明の名称】 熱間加工性に優れた快削鋼

(57) 【要約】

【目的】 熱間加工性および被削性の優れた快削鋼を提供する。

【構成】 合金元素の含有率が重量で、C : 0.02 ~ 0.15%, Mn : 0.6 ~ 1.5%, S : 0.10 ~ 0.40%, Pb : 0.10 ~ 0.40%, O : 0.010 ~ 0.020%, N : 0.007 ~ 0.020% および必要に応じて、Te : 0.005 ~ 0.15%, Se : 0.02 ~ 0.30%, Bi : 0.03 ~ 0.20%, Sn : 0.0030 ~ 0.0200% のうちから選んだ1種または2種以上を含有し、P : 0.050% 以下、Ti + Zr + Nb : 0.020% 以下、Si : 0.005% 以下、Al : 0.0010% 以下に制限し、残部実質的にFeからなり、かつ、鋼材の圧延方向に垂直な断面の表層部における硫化物系介在物の平均面積が5 ~ 20 μm^2 であることを特徴とする高温延性に優れた低炭素硫黄鉛複合快削鋼。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量で、C：0.02～0.15%，Mn：0.6～1.5%，S：0.10～0.40%，Pb：0.10～0.40%，O：0.010～0.020%，N：0.007～0.020%を基本成分とし、さらに、P：0.050%以下、Ti+Zr+Nb：0.020%以下、Si：0.005%以下、Al：0.0010%以下に制限し、残部実質的にFeからなり、かつ、鋼材の圧延方向に垂直な断面の表層部における硫化物系介在物の平均面積が5～20 μm^2 であることを特徴とする高温延性に優れた低炭素硫黄鉛複合快削鋼。

【請求項2】 重量で、C：0.02～0.15%，Mn：0.6～1.5%，S：0.10～0.40%，Pb：0.10～0.40%，O：0.010～0.020%，N：0.007～0.020%を基本成分とし、さらに、Te：0.005～0.15%，Se：0.02～0.30%，Bi：0.03～0.20%，Sn：0.0030～0.0200%のうちから選んだ1種または2種以上を含有し、P：0.050%以下、Ti+Zr+Nb：0.020%以下、Si：0.005%以下、Al：0.0010%以下に制限し、残部実質的にFeからなり、かつ、鋼材の圧延方向に垂直な断面の表層部における硫化物系介在物の平均面積が5～20 μm^2 であることを特徴とする高温延性に優れた低炭素硫黄鉛複合快削鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は被削性を向上する添加元素であるところのSおよびPbを含有した快削鋼に関し、さらに詳しくは熱間加工性および被削性に優れた低炭素硫黄鉛複合快削鋼に関する。

【0002】

【従来の技術】 低炭素硫黄鉛複合快削鋼は機械構造用炭素鋼などに比べて熱間加工性が劣る。特に、インゴットや連続鋳造鋳片を素材とする熱間圧延の後期において温度の低下した部分の表面の延性低下による割れが発生しやすい。したがって、低炭素硫黄鉛複合快削鋼の製造においては熱間圧延の中間素材であるビレットの表面欠陥をグラインダーなどにより除去する必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする問題点】 低炭素硫黄鉛快削鋼の熱間圧延の中間素材における鋼片整備作業を軽減することは製造コストを低減するために有効である。このためには、熱間圧延前の加熱温度を極力高め、熱間圧延後期の温度を高く保つことが有効であるが、圧延前の加熱温度を高くし過ぎても圧延初期に大規模な割れが発生する場合があるため限界がある。この圧延初期における大規模な割れの原因は粒界の局所的な溶融によるものであり、SやPbなどの被削性を改善する介在物を形成する

元素を低減することが改善に有効であるが、同時に被削性が劣化する。したがって、低炭素硫黄鉛複合快削鋼の最も重要な特性である被削性を劣化させずに圧延前の加熱温度を高くすることは困難であるという問題があった。

【0004】

【問題点を解決するための手段】 本発明者は低炭素硫黄鉛複合快削鋼の化学成分と高温における延性および被削性の関係を調査した結果、以下のようなことを見出した。

【0005】 1250℃以上の昇温における延性の急激な劣化はS、Te、Pb、Biなどの快削性介在物形成元素やPの増加によって顕著になる。これらの含有量の低下に伴い、延性が向上する傾向があるが、特にPの影響が著しい。したがって、Pの含有量の低減により延性が急激に劣化する温度（延性低下温度）が上昇し、熱間加工における加熱温度を高くすることが可能になる。ただし、Pが0.050%未満ではその効果は飽和する。また、一般的に被削性として論じられる切削工具寿命はS、Pb、Te、Biなどの快削性介在物形成元素の低減により著しく劣化するが、Pの低減による影響は比較的少なく、低炭素硫黄鉛複合快削鋼の熱間加工性の改善の手段として最適である。ただし、Pの低減によって構成刃先が生成しやすくなり、旋削加工における仕上げ面粗さを増大させる。

【0006】 このPの低減による仕上げ面粗さの増大はN（窒素）含有量を増加することで回復が可能であるが、Nの増量により融点の高い炭窒化物が凝固時に晶出し、これらの炭窒化物が硫化物の晶出核として作用して共晶反応を促進し、硫化物を微細化するとともに熱間圧延により圧延方向に長く伸長しやすい組成にする。特に、脱酸能力の大きいSiやAlなどの元素を添加しない低炭素硫黄鉛快削鋼においては、酸化物の生成温度が硫化物の晶出温度より低く、硫化物の晶出核となり得ないが、生成温度の高い炭窒化物が存在すると、炭窒化物が晶出核として作用し、硫化物を顕著に微細化かつ細長くする。硫化物の大きさや形状は切削工具の寿命に大きく影響し、硫化物が大きく、球状に近いほど工具寿命を延長する効果が大きい。したがって、Pの低減による仕上げ面粗さの増大をNの増量により補うと、硫化物が微細化かつ細長くなって切削工具寿命を劣化させる。本発明者は、以上のようなNの増量に伴う弊害を効果的かつ経済的に防止する方法を鋭意研究した結果、生成温度の高い炭窒化物を形成するTi、Zr、Nbを極力低減することで炭窒化物の晶出量を低減し、硫化物の微細化を最小限に抑え、切削工具寿命の劣化を実用上無視できる程度に抑えることが可能であることを発見した。

【0007】 すなわち、本発明にかかわる快削鋼は、重量で、C：0.02～0.15%，Mn：0.6～1.5%，S：0.10～0.40%，Pb：0.10～

10

20

30

40

50

0.40%, O:0.010~0.020%, N:0.007~0.020%を基本成分とし、さらに、P:0.050%以下, Ti+Zr+Nb:0.020%以下, Si:0.005%以下, Al:0.0010%以下に制限し、残部実質的にFeからなり、かつ、鋼材の圧延方向に垂直な断面の表層部における硫化物系介在物の平均面積が $5\sim 20\mu\text{m}^2$ であることを特徴とする高温延性に優れた低炭素硫黄鉛複合快削鋼であり、これにさらに、必要に応じて、Te:0.005~0.15%, Se:0.02~0.30%, Bi:0.03~0.20%, Sn:0.0030~0.0200%のうちから選んだ1種または2種以上を含有する低炭素快削鋼とすることもできる。

【0008】本発明の快削鋼の請求範囲の限定理由について以下に説明する。

【0009】C:0.02~0.15%

Cは鋼の強度を向上するが、同時に延性を低下させる元素であり、その含有量が極めて低い領域においては鋼の適度な延性の低下により被削性を向上する効果がある。このためには含有量を重量で0.02%以上とする必要があるが、含有量が0.15%を越えると被削材の硬度が高くなり、被削性が劣化する。よって、Cの含有量は0.02~0.15%とする。

【0010】Mn:0.6~1.5%

Mnは硫化物を形成する元素であり、含有量が0.6%未満では熱間加工性が劣化し、また、1.5%を越えると被削材の加工硬化が顕著になり被削性が劣化する。よって、Mnの含有量は0.6~1.5%とする。

【0011】S:0.10~0.40%

Sは被削性の向上に有効な(Mn, Cr)Sを形成する元素であるが、含有量が0.10%未満では効果が小さく、また、0.40%を越えると熱間加工性の低下が著しい。よって、Sの含有量は0.10~0.40%とする。

【0012】Pb:0.10~0.40%

Pbは被削性の向上に有効な元素であり、含有量が0.10%未満では効果が小さく、また、0.40%を越えると熱間加工性および延性の低下が著しい。よって、Pbの含有量は0.10~0.40%とする。

【0013】O:0.010~0.020%

O(酸素)は硫化物の晶出形態を左右する元素であり、0.010%未満の場合硫化物が微細になり、超硬切削工具の寿命が劣化する。一方、0.020%を越えると酸化物が増加し、ハイス工具の寿命が劣化する。したがって、Oの含有量は0.010~0.020%とする。

【0014】P:0.050%以下

Pは切削加工時の仕上げ面粗さを低減する元素であるが、0.050%を越えて含有されるとインゴットや連続铸造錠片の熱間加工の初期段階における高温延性が低下し、熱間加工可能な最高温度が低下する。したがっ

て、Pの含有量は0.050%以下とする。なお、熱間加工性と仕上げ面粗さから好ましい範囲は0.040~0.050%である。

【0015】N:0.007~0.020%

NはPの含有量を低減した場合に生じる切削加工における仕上げ面粗さの増大を防止する効果を有する元素であり、0.007%未満ではその効果が小さく、0.020%を越えるとブローホールなどの铸造欠陥が発生しやすくなる。したがって、Nの含有量は0.007~0.020%とする。

【0016】Ti+Zr+Nb:0.020%以下

Ti, ZrおよびNbはNと結合して、凝固時に炭窒化物を生成させ、この炭窒化物が硫化物の晶出核として作用し、共晶硫化物の晶出を促進し硫化物を微細化する。その影響はTi, ZrおよびNbの含有量の合計が0.020%を越えると顕著になり、切削工具寿命を劣化させる。したがって、Ti, ZrおよびNbの含有量の合計を0.020%以下とする。

【0017】Si:0.005%以下

Siは脱酸素元素であり、極微量の混入でも硫化物の晶出核となる酸化物を晶出せしめることで硫化物の晶出形態に影響を与え、これを微細化し、切削工具寿命を劣化させる。その影響は0.005%を越えると顕著になる。したがって、Siの含有量を0.005%以下とする。

【0018】Al:0.0010%以下

AlもSiと全く同様の影響を与えるものであり、Siの場合よりもその影響が大きく、0.0010%を越えると切削工具寿命を劣化させる。したがってAlの含有量は0.0010%以下とする。

【0019】Te:0.005~0.15%

Teは被削性を改善する元素であり、第2の発明において必要に応じて添加されるが、0.005%未満では効果が小さく、0.15%を越えると熱間加工性を害する。よってTeの含有量は0.005~0.15%とする。

【0020】Se:0.02~0.30%

Seは一般にはMnおよびSと化合し、MnSに比べて熱間性に対する悪影響の小さいMn(S, Se)を形成する元素であり、第2の発明において被削性を向上する目的で必要に応じて添加される。0.02%未満では被削性を改善する効果が小さく、0.30%を越えると熱間加工性を著しく害するとともに、添加費用が高くなる。よって、Seの含有量は0.02~0.30%とする。

【0021】Bi:0.03~0.20%

BiはPbと同様に金属介在物を形成し、被削性を改善する元素であるが、特にPbと複合添加すると低速切削における構成刃先の付着を抑制する効果があり、第2の発明において必要に応じて添加される。0.03%未満ではその効果が小さく、0.20%を越えると熱間加工

性を著しく害する。よって、Biの含有量は0.03～0.20%とする。

【0022】Sn:0.0030～0.0200%

SnはPbと複合添加すると低速切削における構成刃先の付着を抑制する効果があり、第2の発明において必要に応じて添加される。0.0030%未満ではその効果が小さく、0.0200%を越えると熱間加工性を著しく害する。よって、Snの含有量は0.0030～0.0200%とする。

【0023】硫化物系介在物の平均面積:5～20 μm^2

鋼材の横断面における硫化物系介在物の大きさは硫化物の晶出形態や熱間加工条件により変化し、その増大は仕上げ面粗さの低減に有効である。特に外周旋削において

は、表層部の硫化物平均面積が仕上げ面粗さに顕著な影響を与え、5 μm^2 未満では良好な仕上げ面が得られず、20 μm^2 を越えると仕上げ面の光沢度が劣化する。したがって硫化物系介在物の平均面積は5～20 μm^2 とする。

【0024】

【実施例】以下に実施例を挙げて本発明を説明する。表1に示す化学組成の圧延鋼材を製造したのち、冷間引抜き加工により直径10mmの丸棒材とした。なおD1およびC1は7tonのインゴット铸造材であり、他はすべて連続铸造材である。

【0025】

【表1】

| No | C | Mn | S | Pb | O | N | P | Ti | Zr | Nb | Ti+Zr+Nb |
|----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| D1 | 0.07 | 1.02 | 0.80 | 0.27 | 0.016 | 0.015 | 0.019 | 0.002 | 0.006 | 0.002 | 0.010 |
| D2 | 0.08 | 1.11 | 0.85 | 0.31 | 0.017 | 0.018 | 0.031 | 0.002 | 0.003 | 0.002 | 0.007 |
| D3 | 0.08 | 1.05 | 0.29 | 0.28 | 0.015 | 0.008 | 0.048 | 0.003 | 0.005 | 0.001 | 0.009 |
| D4 | 0.05 | 1.23 | 0.34 | 0.35 | 0.019 | 0.019 | 0.041 | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.011 |
| D5 | 0.12 | 0.81 | 0.24 | 0.28 | 0.012 | 0.014 | 0.025 | 0.004 | 0.002 | 0.001 | 0.007 |
| D6 | 0.04 | 1.38 | 0.31 | 0.25 | 0.018 | 0.009 | 0.006 | 0.010 | 0.005 | 0.002 | 0.017 |
| D7 | 0.11 | 1.42 | 0.25 | 0.16 | 0.018 | 0.012 | 0.028 | 0.002 | 0.002 | 0.006 | 0.010 |
| C1 | 0.09 | 1.01 | 0.29 | 0.26 | 0.015 | 0.003 | 0.075 | 0.018 | 0.012 | 0.006 | 0.036 |
| C2 | 0.08 | 0.99 | 0.28 | 0.29 | 0.013 | 0.004 | 0.066 | 0.011 | 0.015 | 0.003 | 0.029 |
| C3 | 0.07 | 1.12 | 0.31 | 0.28 | 0.018 | 0.005 | 0.022 | 0.014 | 0.009 | 0.010 | 0.033 |
| C4 | 0.10 | 1.06 | 0.33 | 0.32 | 0.014 | 0.015 | 0.035 | 0.025 | 0.015 | 0.001 | 0.041 |
| C5 | 0.06 | 1.21 | 0.35 | 0.33 | 0.018 | 0.011 | 0.069 | 0.019 | 0.018 | 0.005 | 0.042 |
| C6 | 0.05 | 1.41 | 0.30 | 0.26 | 0.013 | 0.003 | 0.078 | 0.008 | 0.006 | 0.001 | 0.015 |

| No | Si | Al | Te | Se | Bi | Sn | D* | T* | R* | L* | 備考 |
|----|-------|--------|-------|------|------|--------|------|------|------|------|------|
| D1 | 0.004 | 0.0006 | - | - | - | - | 11.5 | 1840 | 11.8 | 1620 | 請求項1 |
| D2 | 0.002 | 0.0003 | - | - | - | - | 8.5 | 1335 | 12.4 | 1250 | 請求項1 |
| D3 | 0.004 | 0.0004 | - | - | - | 0.0045 | 8.6 | 1345 | 10.6 | 2350 | 請求項2 |
| D4 | 0.003 | 0.0003 | 0.006 | - | - | - | 12.9 | 1810 | 9.8 | 2680 | 請求項2 |
| D5 | 0.002 | 0.0004 | - | - | 0.08 | 0.0067 | 9.4 | 1305 | 7.2 | 8110 | 請求項2 |
| D6 | 0.004 | 0.0002 | 0.043 | - | 0.06 | - | 17.6 | 1315 | 8.1 | 7400 | 請求項2 |
| D7 | 0.003 | 0.0005 | - | 0.11 | 0.04 | 0.0042 | 10.4 | 1300 | 7.8 | 6950 | 請求項2 |
| C1 | 0.004 | 0.0008 | - | - | - | - | 12.9 | 1285 | 11.2 | 1590 | 比較鋼 |
| C2 | 0.003 | 0.0009 | - | - | - | - | 8.4 | 1275 | 11.5 | 1310 | 比較鋼 |
| C3 | 0.004 | 0.0007 | - | - | - | - | 9.0 | 1340 | 20.5 | 1370 | 比較鋼 |
| C4 | 0.002 | 0.0008 | - | - | - | - | 9.1 | 1335 | 21.9 | 880 | 比較鋼 |
| C5 | 0.002 | 0.0007 | 0.008 | - | - | - | 4.3 | 1260 | 8.5 | 1190 | 比較鋼 |
| C6 | 0.002 | 0.0006 | 0.045 | - | 0.07 | - | 16.9 | 1240 | 17.2 | 7360 | 比較鋼 |

D*:硫化物の平均面積(μm^2) T*:延性低下温度($^{\circ}\text{C}$)
R*:仕上げ面粗さRz(μm) L*:旋削工具寿命[個]

【0026】表1においてD1およびD2は本発明の請求項第1項に該当する快削鋼であり、D3からD7は本発明の請求項第2項に該当する快削鋼である。また、C1からC4は発明鋼D1およびD2に対する比較鋼であり、C5およびC6はそれぞれ発明鋼D4およびD6に対する比較鋼である。比較鋼C1およびC2は一般に広く使用されている低炭素硫黄鉛複合快削鋼JIS-SUM24Lである。C3からC6の比較鋼は本発明の効果を明らかにするために試作した鋼種であり、対応する発明鋼とほぼ同等の主要合金元素および快削性介在物形成元素量を含むものの、NまたはP、Ti+Zr+Nb量、硫化物平均面積のうちいずれかまたは複数が本発

明の請求範囲を逸脱している鋼種である。表1においてD*は横断面において表面から0.5mmの位置の硫化物系介在物の平均面積である。また、T*は高速熱間引張試験において、最も高い絞り値が得られる温度より高温側で、絞り値が最高値の二分の一に低下する温度である。さらに、R*は表2に示す条件で旋削加工した部品の仕上げ面の十点平均粗さ(Rz)であり、L*は表2に示す条件の切削加工において超硬工具の逃げ面摩耗の最大値が0.3mmになる部品加工個数を工具寿命として表したものである。

【0027】

【表2】

| 加工様式 | 工具材種 | 切削速度 | 送り | 切込み | 切削長さ | 切削油剤 |
|--------|------|----------|-----------|-------|--------|------|
| 外周長手旋削 | K10 | 150m/min | 0.10mm/回転 | 1.0mm | 20mm/個 | 油性 |

【0028】発明鋼はいずれも比較鋼C1およびC2に対して延性低下温度(T*)が高い。また、仕上げ面粗

さ(R*)は比較鋼C1およびC2と同等もしくは小さく、工具寿命(L*)は同等もしくは長い。C3からC

6 比較鋼は延性低下温度、仕上げ面粗さおよび切削工具寿命のいずれかまたは複数が発明鋼に対して劣っている。

【0029】さらに詳細に検証すると、インゴットにより製造した発明鋼D1および連続铸造により製造した発明鋼D2は、それぞれの比較鋼C1およびC2に比べて延性低下温度が高く、仕上げ面粗さおよび工具寿命は同等である。これに対し、比較鋼C3はP含有量が本発明の請求範囲に包含されるため延性低下温度が高いものの、N含有量が低いため仕上げ面粗さが大きい。また、比較鋼C4はPの含有量が本発明の請求範囲に包含されるため延性低下温度が高いものの、Ti、ZrおよびNbの含有量の合計(Ti+Zr+Nb)が本発明の請求範囲より高いため硫化物が小さい(すなわちD*が小さい)ことから、工具寿命が短く、さらにNが有効に作用しないため仕上げ面粗さも大きい。発明鋼D3からD6は本発明の請求項第2項に相当する鋼種であり、第1項該当鋼種D2に対してTe、Se、BiおよびSnの1種または2種以上を添加した被削性のさらに優れる鋼種であるが、いずれも比較鋼C2に対して延性低下温度が

低下温度が低く、工具寿命も短い。また、発明鋼D6に対応する比較鋼C6はNの含有量が本発明の請求範囲より低く、Pの含有量が本発明の請求範囲より高いため、発明鋼D6に対して延性低下温度が低く、仕上げ面粗さも大きい。

【0030】すなわち、発明鋼は延性低下温度、仕上げ面粗さおよび切削工具寿命のすべてにおいてSUM24Lに比べて優れており、このような特性の両立には本発明のN、P、Ti+Zr+Nbおよび硫化物平均面積の請求範囲のすべてを満足しなければならないことが明らかである。

【0031】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、低炭素硫黄鉛複合快削鋼におけるPを低減し、これによる切削仕上げ面粗さの劣化をNを増量することで補い、さらに高N化による硫化物の微細化をTi、Zr、Nbを低減することで防止することにより、仕上げ面粗さおよび切削工具寿命を保ちながら従来の鋼種に比べて熱間加工の加熱温度を高くすることが可能である。これにより、硫黄鉛複合快削鋼の製造において熱間加工の中間段階での再加熱の省略や鋼片整備工程の簡略化、さらには熱間加工状態の表面品質の向上が可能となり、産業上の利点は極めて大きい。